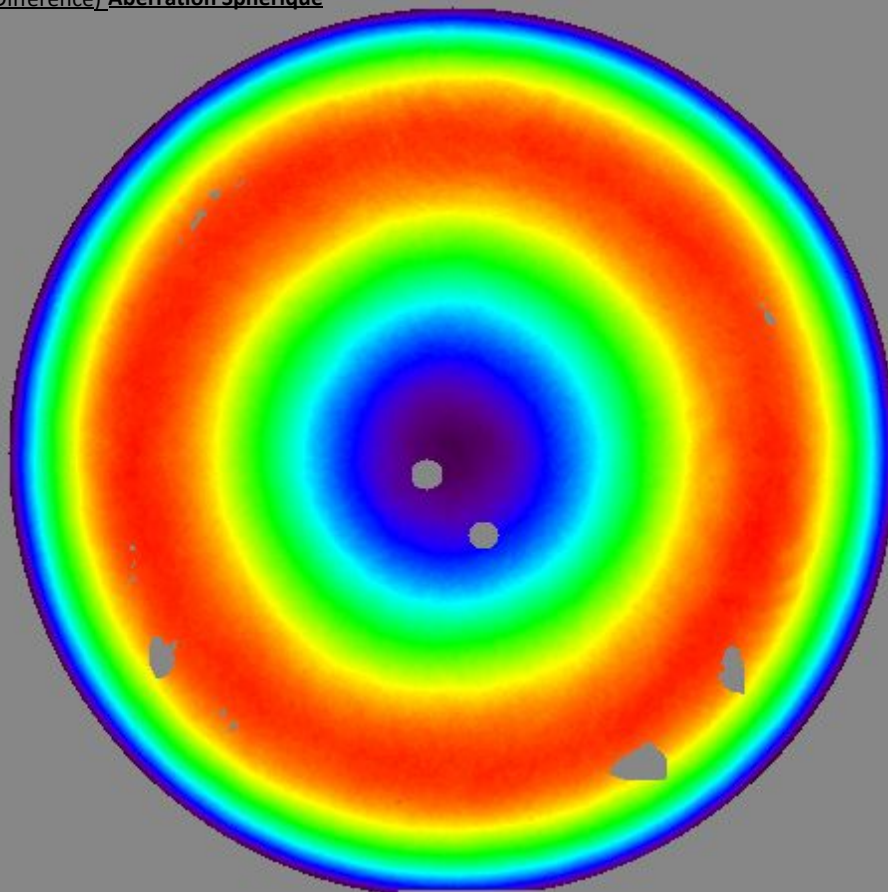


Résultats Parabole 241.5/991

Ce rapport récapitule les différents éléments du front d'onde du miroir primaire. Ces mesures donnent les valeurs d'erreur sur le front d'onde Peak to Valley(PtV) et moyenné(Rms). L'instrument de mesure est un interféromètre de fizeau calé sur 635 nm. Celui-ci permet de déduire les erreurs de planités sur 36 polynômes de Zernsike, la PSF et le ratio de Strehl.

Mesures initiales : Miroir en BK7 de 36,3 mm d'épaisseur et de 250 mm de diamètre.

OPD (Optical Path Difference) Aberration Sphérique



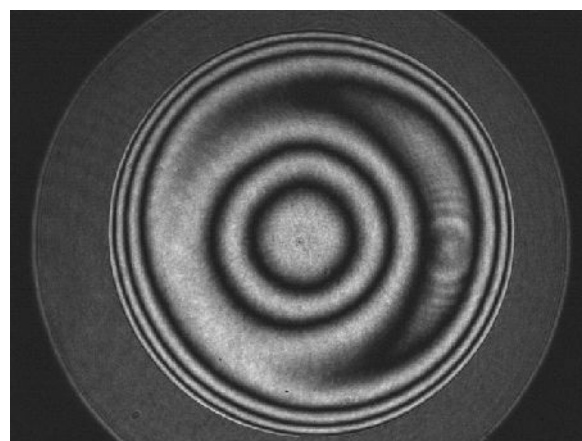
Formule utilisé pour calculer le delta sphere-parabole (dZ)

$$dZ = -((r^4)/(8Rc^3))$$

 Formule utilisé pour calculer une aberration Sphérique (Zsph)

$$Zsph\ rms = -((rmax^4)/(107,36^3/c^3))$$

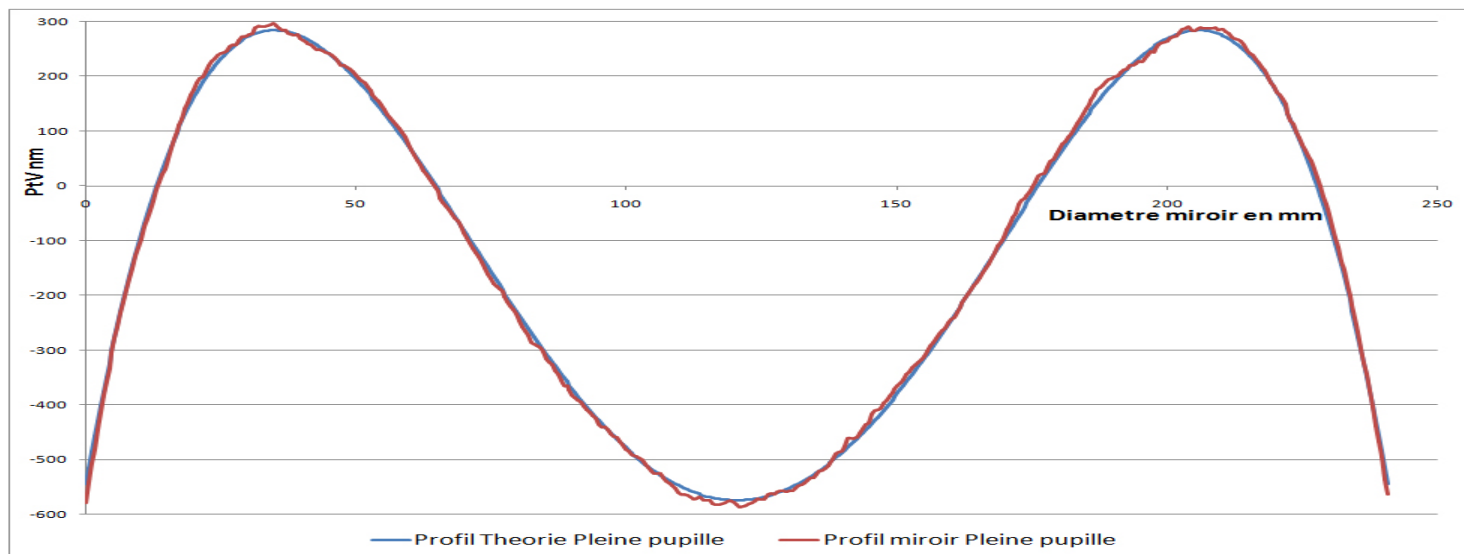
Diametre	241,5
Demi diametre	120,75
Rayon courbure	1982
dZ en µm	-2,82657E-05
Zsph Rms en nm	-0,000254329
Zsph Rms en nm	-254,3285437



Franges interférentielles

Profil Aberration sphérique (parabole) Pleine pupille 241.5mm

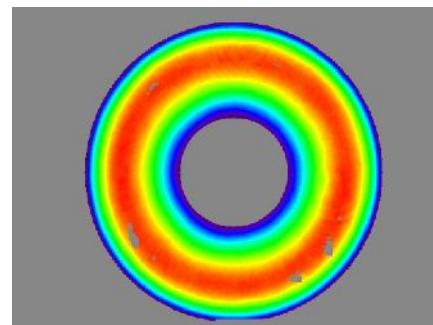
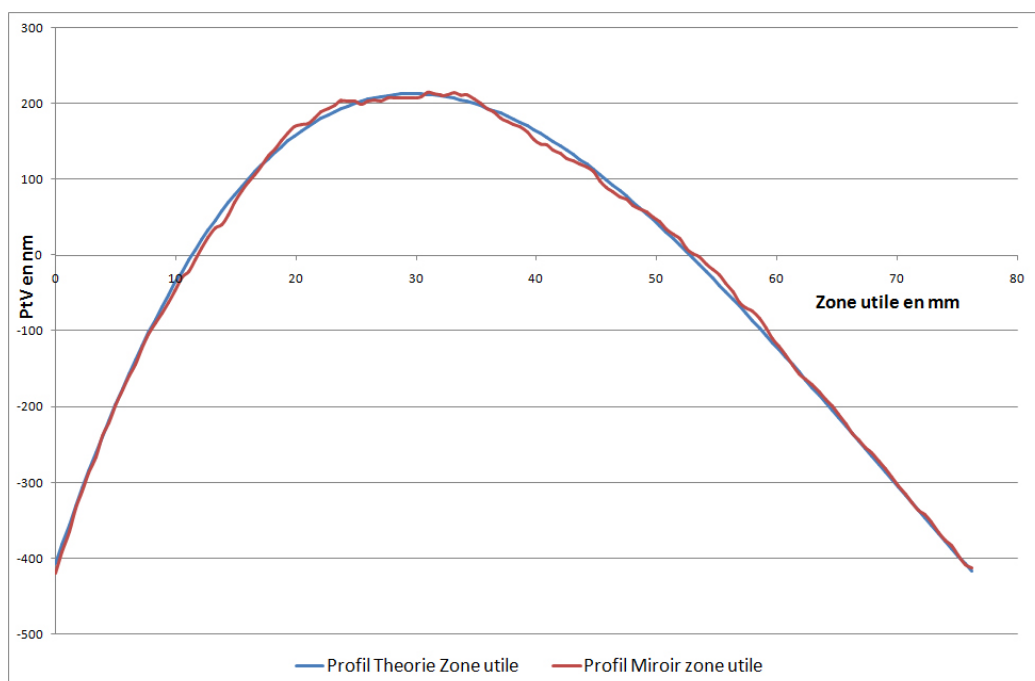
Profil Pleine pupille Aberration Sphérique (inclus les aberrations sphériques et asphériques de hauts ordre)



Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	888.3126	nanomet	
RMS	255.1956	nanomet	
4) Focus (norm)	0.3696	nanomet	
5) X Astig (norm)	0.0620	nanomet	
6) Y Astig (norm)	0.0381	nanomet	
7) X Coma (norm)	0.0049	nanomet	
8) Y Coma (norm)	-0.0050	nanomet	
9) Spherical (norm)	-256.2767	nanomet	

Rayon de Courbure 1982mm / Diamètre 241.5mm
 Aberration Sphérique Théorique « -254nm rms »
 Aberration Sphérique Obtenue « -256nm rms » Soit une
 erreur de 2nm rms λ

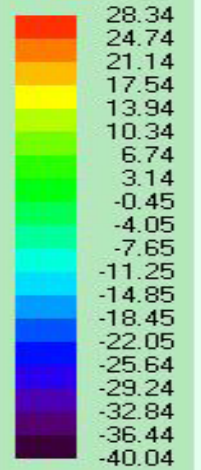
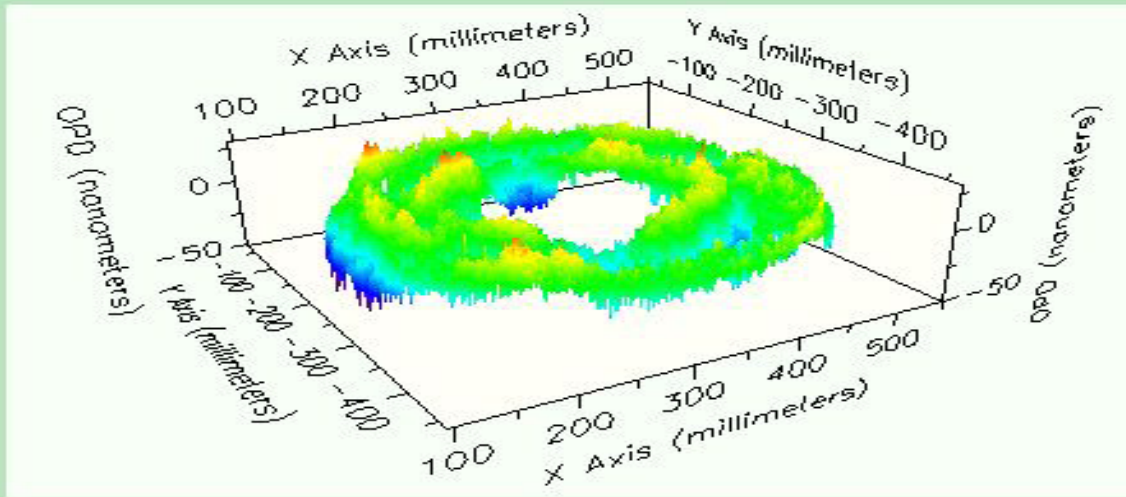
Profil Aberration sphérique (parabole) Obstruction centrale 36%



Le système optique du
 Newton
 Astrographe à une
 obstruction
 centrale de 36%
 Le miroir a donc été
 obstrué dans
 sa partie centrale pour
 simuler l'ombre du
 secondaire de petit rayon
 de 88mm

Aberrations Résiduelles (suppression Astig, COMA, TREFLE de bas ordre) Obstruction centrale 36%

OPD Map [5C.M.PCG] (nanometers)
Date: Acq.: Thu Apr 17 15:47:42 2014
FILE: PRIMAIRE FRANÇOIS BERNIER PUPILLE SANS CENTRALE



PV 99.00% = 46.7220 nanometers, RMS = 8.9204 nanometers, Strehl = 0.9922
Analysis Aper: Pos[331, 246] Size[439, 439]

**OPD (Optical Path Difference) Residues
d'Aberrations**

	OSA(norm)	NANOMETE	QC	Orde	RMS
1	Piston (norm)	-7.1297		0	
2	X Tilt (norm)	0.2465		1	8.9252
3	Y Tilt (norm)	0.4902		1	
4	X Astig (norm)	0.1981		2	13.0166
5	Focus (norm)	10.9181		2	
6	Y Astig (norm)	-0.0705		2	
7	X Trefoil (norm)	0.5087		3	12.9977
8	X Coma (norm)	0.0286		3	
9	Y Coma (norm)	0.1038		3	
10	Y Trefoil (norm)	0.2050		3	
11	X Tetrafoil (norm)	-1.3484		4	12.5245
12	X Astig (norm)	-3.1457		4	
13	Spherical (norm)	-44.6449		4	
14	Y Astig (norm)	-0.9795		4	
15	Y Tetrafoil (norm)	-0.1322		4	
16	X Pentafoil (norm)	0.2208		5	12.3408
17	X Trefoil (norm)	0.4479		5	
18	X Coma (norm)	2.5298		5	
19	Y Coma (norm)	0.7748		5	
20	Y Trefoil (norm)	0.2610		5	
21	Y Pentafoil (norm)	0.2504		5	
22	X Hexafoil (norm)	0.2899		6	10.9030
23	X Tetrafoil (norm)	0.2973		6	
24	X Astig (norm)	-0.3188		6	
25	Spherical (norm)	9.3414		6	
26	Y Astig (norm)	-0.1118		6	
27	Y Tetrafoil (norm)	-0.8545		6	
28	Y Hexafoil (norm)	0.7596		6	
29	X Heptafoil (norm)	-0.1320		7	10.8018
30	X Pentafoil (norm)	0.0964		7	
31	X Trefoil (norm)	-0.3923		7	
32	Y Coma (norm)	-0.8152		7	
33	Y Coma (norm)	-0.9006		7	
34	Y Trefoil (norm)	-0.5739		7	
35	Y Pentafoil (norm)	-1.0110		7	
36	Y Heptafoil (norm)	0.0144		7	
37	X Octafoil (norm)	0.2557		8	6.9214

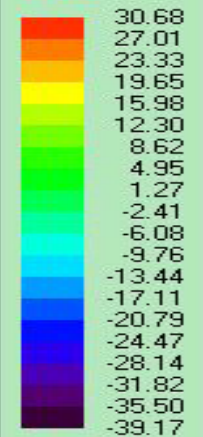
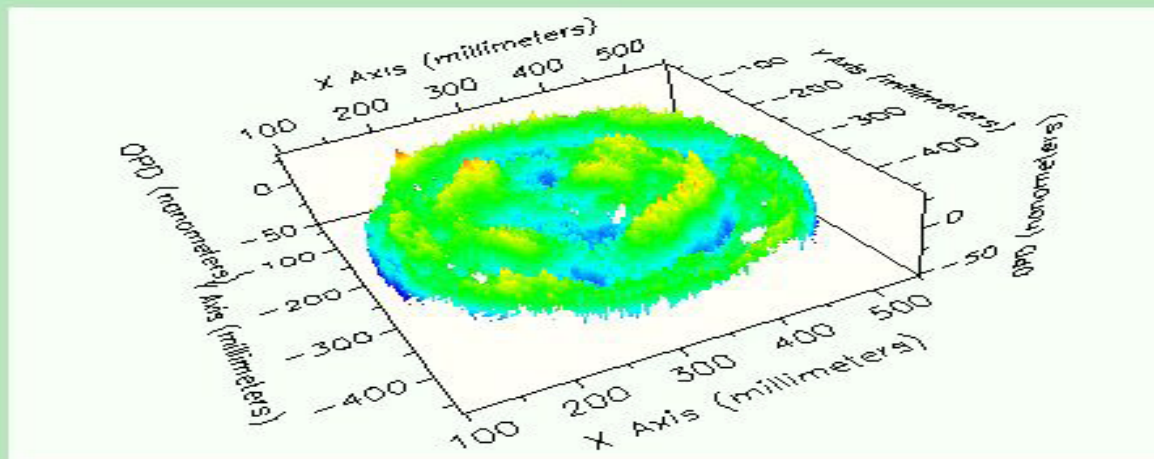
Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	46.7220	nanomet	λ/13
RMS	8.9204	nanomet	λ/70
4) X Astig (norm)	0.1981	nanomet	
5) Focus (norm)	10.9181	nanomet	
6) Y Astig (norm)	-0.0705	nanomet	
7) X Trefoil (norm)	0.5087	nanomet	
8) X Coma (norm)	0.0286	nanomet	
9) Y Coma (norm)	0.1038	nanomet	

Le Trèfle, la Coma et l'astig de bas ordre ont été supprimés volontairement car ils sont générés par le miroir sur son support de contrôle vertical (La matière se déforme très facilement selon sa position – prévoir un bon support dans son barillet)

Aberrations résiduelles
λ/13 (46nm) PV et λ/70 (9nm) rms
Ratio de Strehl= 0.992

Aberrations Résiduelles (suppression Astig, COMA, TREFLE de bas ordre) **pleine pupille**

OPD Map [5C.M.PCG] (nanometers)
 Date: Acq.: Thu Apr 17 14:59:18 2014
 FILE: PRIMAIRE FRANÇOIS BERNIER PLEINE PUPILLE

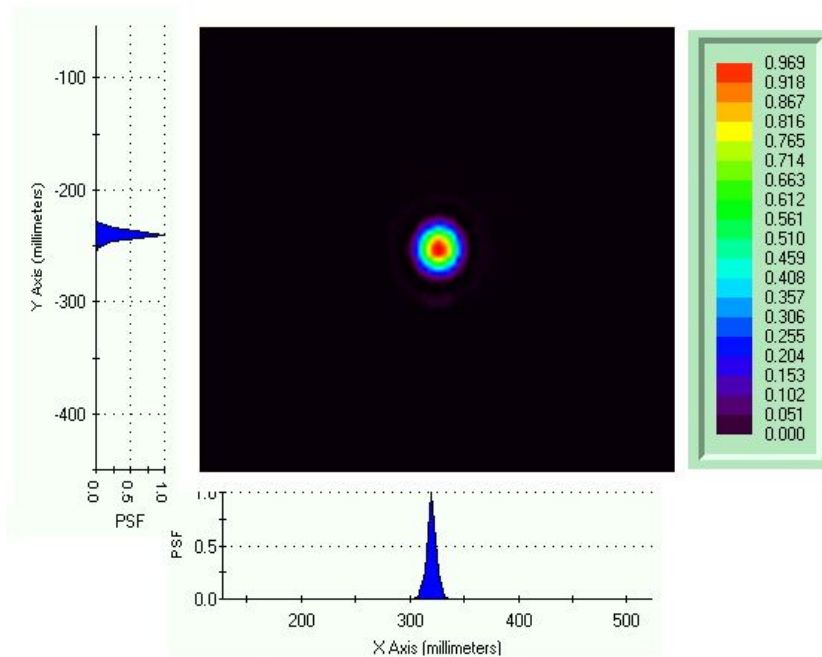


PV 99.00% = 45.6062 nanometers, RMS = 9.1315 nanometers, Strehl = 0.9918
Analysis Aper: Pos[331, 246] Size[441, 441]

	UofA(norm)	NANOMETE	QC	Orde	RMS
1	Piston (norm)	0.0472		0	
2	X Tilt (norm)	0.0083		1	9.1312
3	Y Tilt (norm)	0.0008		1	
4	Focus (norm)	-0.0395		1	
5	X Astig (norm)	-0.0006		2	9.1311
6	Y Astig (norm)	0.0063		2	
7	X Coma (norm)	-0.0142		2	
8	Y Coma (norm)	0.0192		2	
9	Spherical (norm)	-0.1134		2	
10	X Trefoil (norm)	-0.0102		3	7.9686
11	Y Trefoil. (norm)	-0.0081		3	
12	X Astig (norm)	-3.1999		3	
13	Y Astig (norm)	-1.4336		3	
14	X Coma (norm)	2.6101		3	
15	Y Coma (norm)	-0.5996		3	
16	Spherical (norm)	0.3987		3	
17	X Tetrafoil (norm)	-1.2037		4	7.0728
18	Y Tetrafoil (norm)	-0.5193		4	
19	X Trefoil (norm)	0.4004		4	
20	Y Trefoil (norm)	0.2614		4	
21	X Astig (norm)	-0.2454		4	
22	Y Astig (norm)	-0.3385		4	
23	X Coma (norm)	-1.0609		4	
24	Y Coma (norm)	0.6001		4	
25	Spherical (norm)	-3.1072		4	
26	X Pentafoil (norm)	0.1439		5	6.7874
27	Y Pentafoil (norm)	0.3845		5	
28	X Tetrafoil (norm)	0.4203		5	
29	Y Tetrafoil (norm)	-0.8555		5	
30	X Trefoil (norm)	-0.4449		5	
31	Y Trefoil (norm)	-0.7148		5	
32	X Astig (norm)	0.1060		5	
33	Y Astig (norm)	0.0511		5	
34	X Coma (norm)	0.2352		5	
35	Y Coma (norm)	0.0963		5	
36	Spherical (norm)	-1.4042		5	

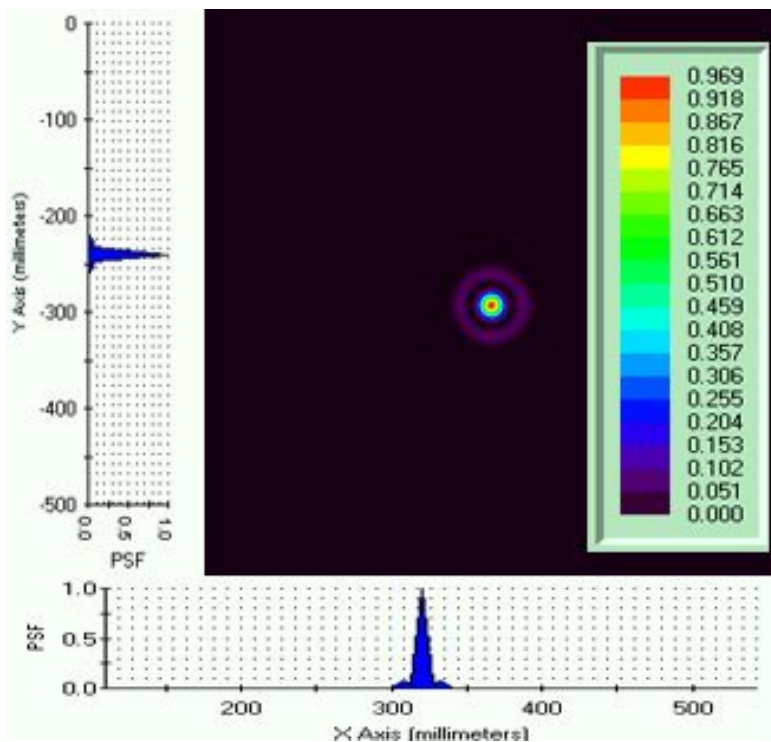
Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	45.6062	nanomet	
RMS	9.1315	nanomet	
4) Focus (norm)	-0.0395	nanomet	
5) X Astig (norm)	-0.0006	nanomet	
6) Y Astig (norm)	0.0063	nanomet	
7) X Coma (norm)	-0.0142	nanomet	
8) Y Coma (norm)	0.0192	nanomet	
9) Spherical (norm)	-0.1134	nanomet	

PSF (point Spread Function) Pleine Pupille 241.5mm



PSF (point Spread Function) obstruction centrale 36%

(Il a été obstrué de 36% la zone centrale pour simuler l'ombre du secondaire dans le système Newton)



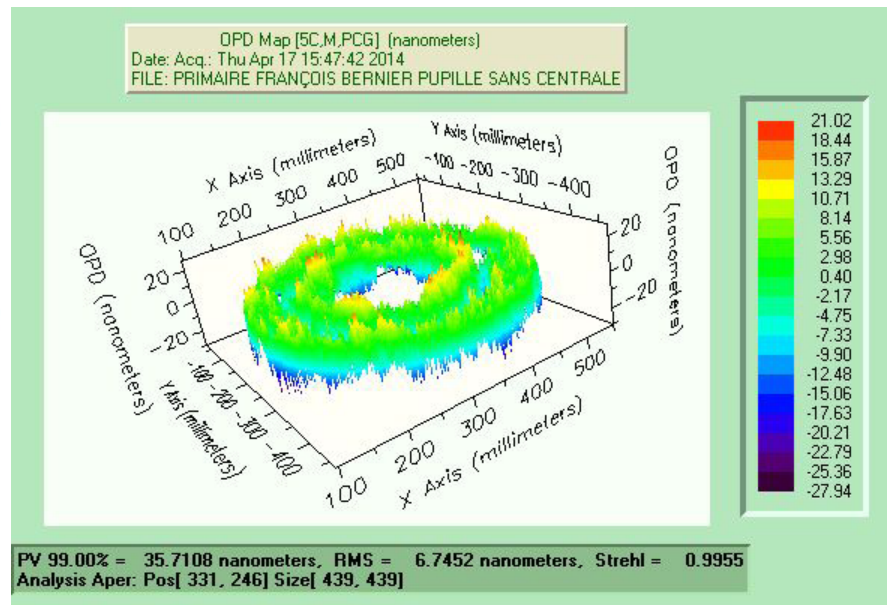
Répartitions de défauts de Résidus d'Aberrations Sphérique de haut ordre (Suppression des aberrations Asphériques)

Ce sont les défauts d'aberrations sphériques des ordres élevés de Zernike. Il a été atteinte une précision de $\lambda/14(41\text{nm})$ PV et $\lambda/80(8\text{nm})$ rms

	OSA(norm)	NANOMETE	QC	Orde	RMS
1	Piston (norm)	-7.1271		0	
2	X Tilt (norm)	-0.0626		1	6.7454
3	Y Tilt (norm)	0.0107		1	
4	X Astig (norm)	0.0000		2	11.6290
5	Focus (norm)	10.8446		2	
6	Y Astig (norm)	0.0000		2	
7	X Trefoil (norm)	0.0000		3	11.6290
8	X Coma (norm)	0.0000		3	
9	Y Coma (norm)	0.0000		3	
10	Y Trefoil (norm)	0.0000		3	
11	X Tetrafoil (norm)	0.0000		4	11.7181
12	X Astig (norm)	0.0000		4	
13	Spherical (norm)	-11.4551		4	
14	Y Astig (norm)	0.0000		4	
15	Y Tetrafoil (norm)	0.0000		4	
16	X Pentafoil (norm)	0.0000		5	11.7181
17	X Trefoil (norm)	0.0000		5	
18	X Coma (norm)	0.0000		5	
19	Y Coma (norm)	0.0000		5	
20	Y Trefoil (norm)	0.0000		5	
21	Y Pentafoil (norm)	0.0000		5	
22	X Hexafoil (norm)	0.0000		6	10.3258
23	X Tetrafoil (norm)	0.0000		6	
24	X Astig (norm)	0.0000		6	
25	Spherical (norm)	9.2944		6	
26	Y Astig (norm)	0.0000		6	
27	Y Tetrafoil (norm)	0.0000		6	
28	Y Hexafoil (norm)	0.0000		6	
29	X Heptafoil (norm)	0.0000		7	10.3258
30	X Pentafoil (norm)	0.0000		7	
31	X Trefoil (norm)	0.0000		7	
32	Y Coma (norm)	0.0000		7	
33	Y Coma (norm)	0.0000		7	
34	Y Trefoil (norm)	0.0000		7	
35	Y Pentafoil (norm)	0.0000		7	
36	Y Heptafoil (norm)	0.0000		7	
37	X Octafoil (norm)	0.0000		8	6.1331

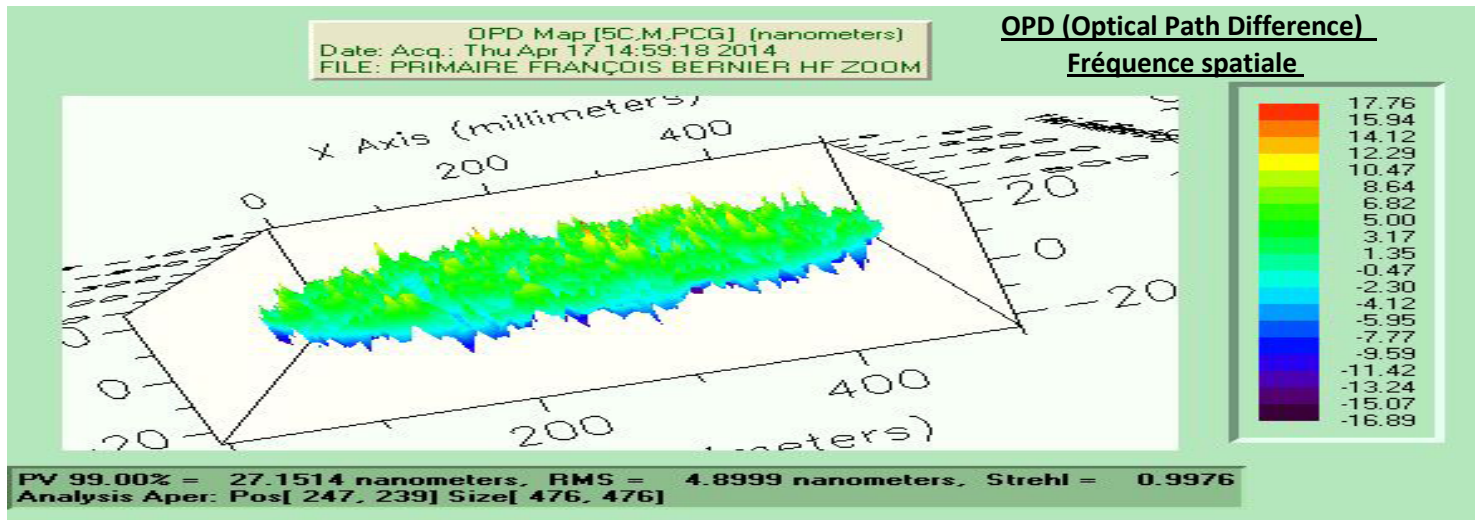
Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	35.7108	nanomet	$\lambda/18$
RMS	6.7452	nanomet	$\lambda/99$
4) X Astig (norm)	-0.0000	nanomet	
5) Focus (norm)	10.8446	nanomet	
6) Y Astig (norm)	0.0000	nanomet	
7) X Trefoil (norm)	-0.0000	nanomet	
8) X Coma (norm)	0.0000	nanomet	
9) Y Coma (norm)	0.0000	nanomet	

OPD (Optical Path Difference) Residus d'Aberration Sphérique d'ordre élevé



Aberrations sphérique résiduelles de haut ordre
 $\lambda/18$ (35nm) PV et $\lambda/99$ (6nm) rms
Ratio de Strehl= 0.995

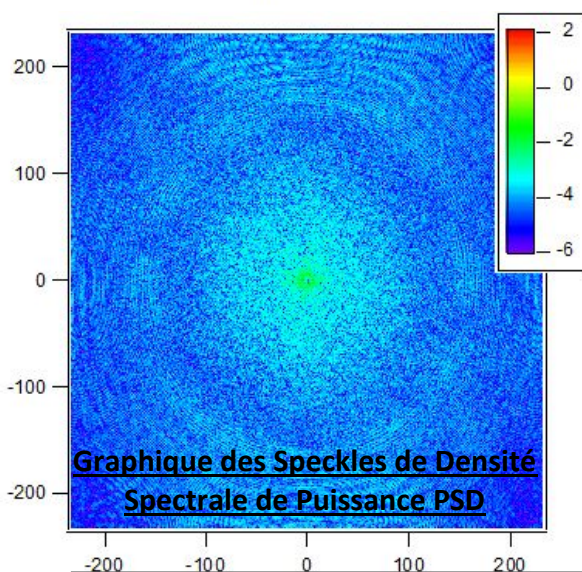
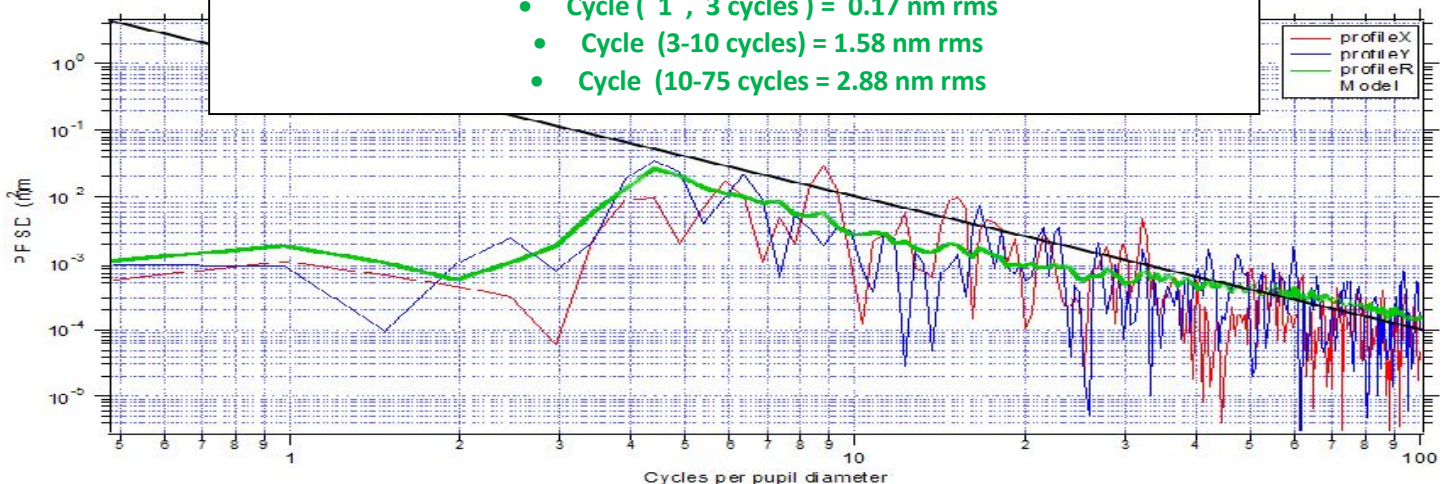
Résidus d'Aberrations des hautes fréquences spatiales



Disparités des fréquences spatiales selon cycles par pupille.

(La courbe verte doit être sous la limite Noir)

- Cycle (1 , 3 cycles) = 0.17 nm rms
- Cycle (3-10 cycles) = 1.58 nm rms
- Cycle (10-75 cycles) = 2.88 nm rms

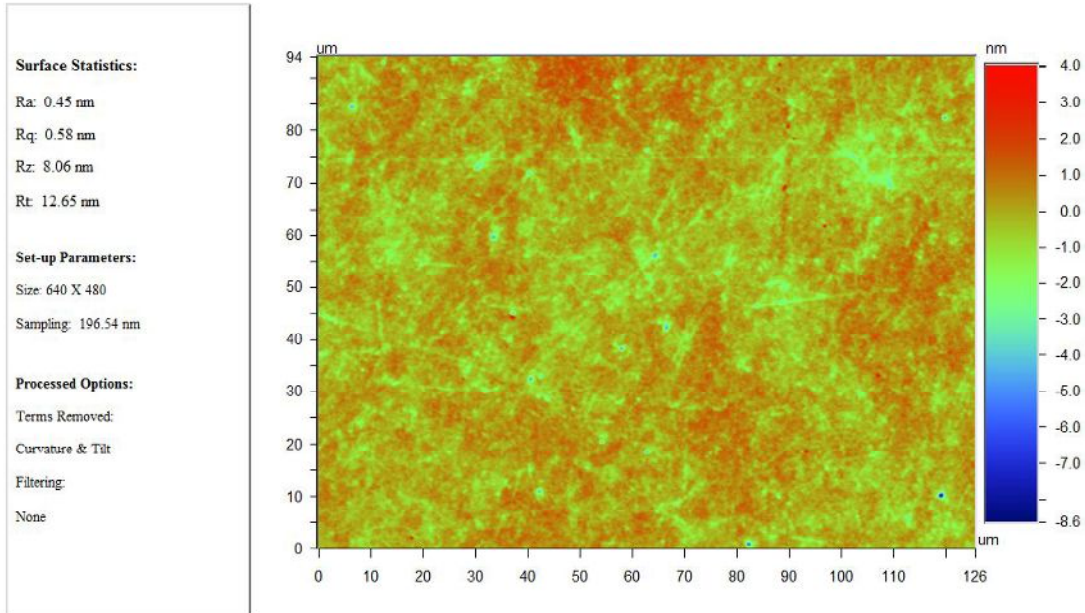


Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	27.1514	nanomet	λ/23
RMS	4.8999	nanomet	λ/130
4) X Astig (norm)	-0.0000	nanomet	
5) Focus (norm)	-0.0000	nanomet	
6) Y Astig (norm)	-0.0000	nanomet	
7) X Trefoil (norm)	0.0000	nanomet	
8) X Coma (norm)	-0.0000	nanomet	
9) Y Coma (norm)	0.0000	nanomet	

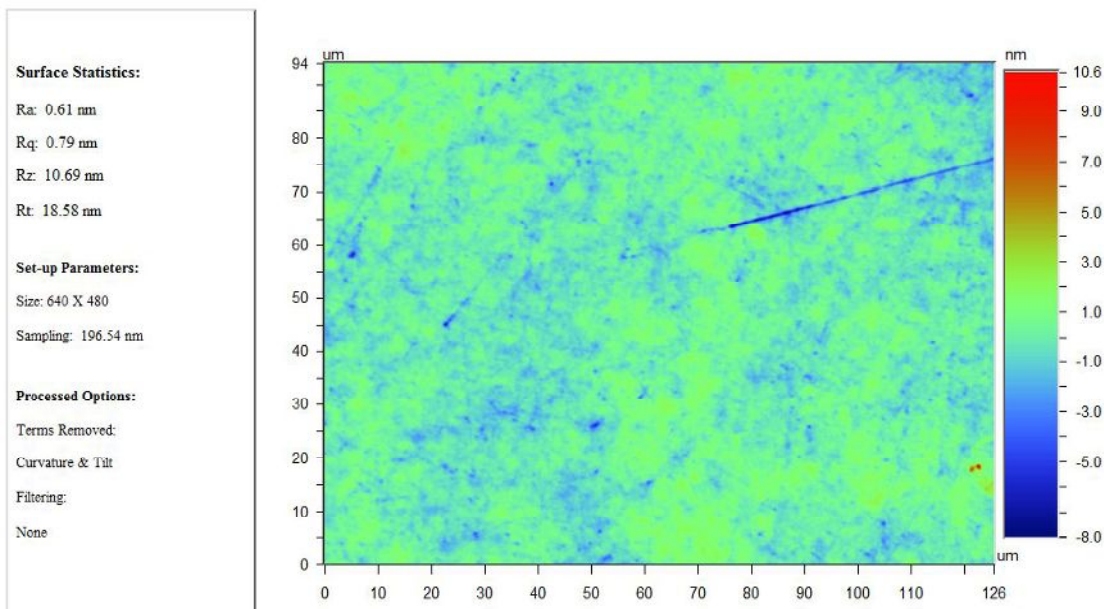
Ce graphique de PSD (Power Spectral Density) permet de représenter la répartition des erreurs de front d'onde en fonction de leur fréquence spatiale sur la surface.

Mesures de rugosité de surface

Data mesures à 40 mm du bord : Ra :0.45nm Average, Rq : 0.58nm rms



Data mesures à 30 mm du Centre : Ra :0.61nm Average, Rq : 0.79nm rms

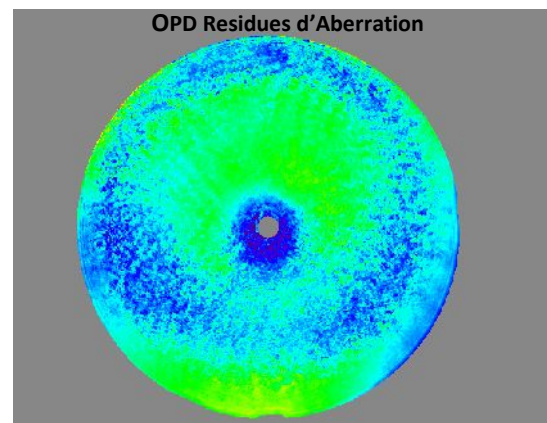


Etat du miroir de la marque GSO (250 f/4) Avant Retouche

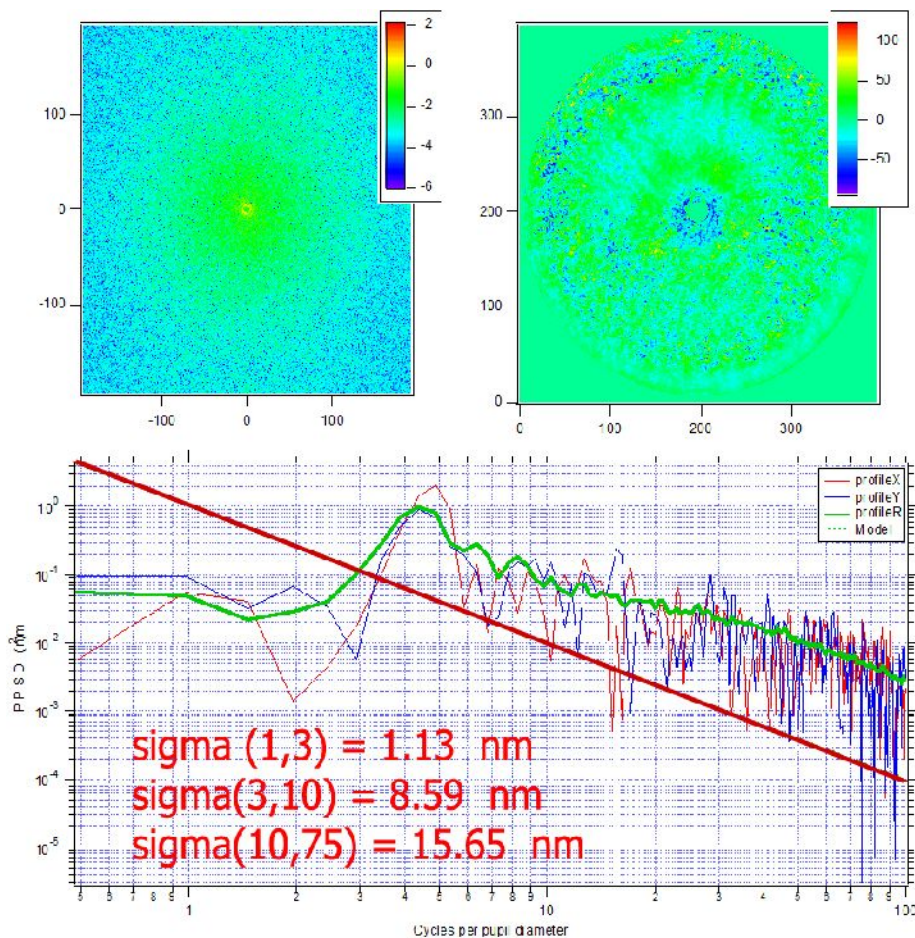
Avant Retouche du miroir

Planéité Aberration Résiduelle $\lambda/3$ PV (211nm) et $\lambda/15$ rms (40nm)

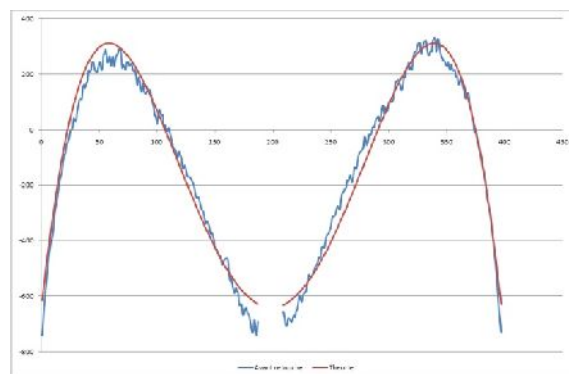
IntelliWave Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	199.0791	nanomet	$\lambda/3$
RMS	37.4159	nanomet	$\lambda/17$
4) Focus (norm)	0.5176	nanomet	
5) X Astig (norm)	-13.4542	nanomet	
6) Y Astig (norm)	-1.6513	nanomet	
7) X Coma (norm)	-3.6094	nanomet	
8) Y Coma (norm)	15.9813	nanomet	
9) Spherical (norm)	-0.4058	nanomet	



Fréquence spatiale $\lambda/5$ PV (131nm) et $\lambda/28$ rms (21nm)



Report Summary			
Parameter	Value	Units	QC
PV 99.00%	121.1024	nanomet	$\lambda/5$ PV
RMS	20.1328	nanomet	$\lambda/30$ rms
4) Focus (norm)	-0.0000	nanomet	
5) X Astig (norm)	-0.0000	nanomet	
6) Y Astig (norm)	-0.0000	nanomet	
7) X Coma (norm)	-0.0000	nanomet	
8) Y Coma (norm)	-0.0000	nanomet	
9) Spherical (norm)	-0.0000	nanomet	

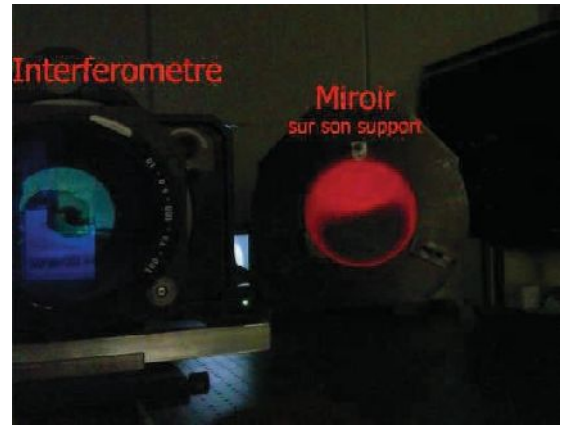


Aberration Sphérique (Parabole) -288nm.
Valeur Théorique -261nm rms pour un diamètre 245mm soit une erreur sur le Profil de 27nm.
Du bruit sur profil « bleu » est typique des hautes fréquences spatiale très élevées.

Conclusions :Récapitulatif du travail effectué :

Le miroir d'arrivée présentait certains défauts importants (chanfrein grossier et irrégulier, état de surface piqué et planéité chaotique) Il a donc été re-douci, re-chanfreiné proprement (le diamètre utile a été passé de 247 à 241mm). Le polissage a été fini à la silice colloïdale sur support POIX en superfinition

Les mesures OPD ont été faites en pleine pupille et avec une obstruction centrale de 36% pour simuler l'ombre du secondaire dans le système Newton.

Résultats Optique :

Profil de l'aberration sphérique (Parabole) de **-256nm** pour une théorie à **-254nm** soit une erreur de **2 nm rms**. Les défauts résiduels de front d'onde qui donnent la précision de la parabole sont de **$\lambda/13PV$** et **$\lambda/70rms$** . (Certains défauts sont engendrés par l'outil de support en 3 points lors du contrôle) La coma, le trèfle et l'Astigmatisme de bas ordre sont les 3 principales aberrations engendrés par ce type de support. Il a été vérifié par rotation du miroir sur son support qu'il était bien créé par le support et la gravité.

Un ratio de Strehl de **0.995** (valeur limite 1 pour un miroir parfait) et une PSF de **0.969** (tache d'airy) nous donnent également un miroir de très grande précision.

Les valeurs de fréquences spatiales de **4.9 nm rms** réparties dans différents cycles par pupille sont très correct et la PSD (Power Spectral Density) répartie correctement les speckles, permettent l'utilisation de ce miroir pour les applications dans le haut contraste.

Mesures finales : épaisseur de **35 mm**, chanfrein de **4,25 mm**